

**Comparación de la producción de lechuga de  
los cultivares Maximus, Locarno, Versai y  
Kristine en acuaponía con tilapia en  
Zamorano**

**Luis Gabriel Flores Ochoa  
Junior Rigoberto Madrid Rivera**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**  
Noviembre, 2013

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Comparación de la producción de lechuga de  
los cultivares Maximus, Locarno, Versai y  
Kristine en acuaponía con tilapia en  
Zamorano**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Luis Gabriel Flores Ochoa  
Junior Rigoberto Madrid Rivera**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2013

# **Comparación de la producción de lechuga de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine en acuaponía con tilapia en Zamorano**

Presentado por:

Luis Gabriel Flores Ochoa  
Junior Rigoberto Madrid Rivera

Aprobado:

---

Daniel Meyer, Ph.D.  
Asesor principal

---

Renán Pineda, Ph.D.  
Director  
Departamento de Ciencia y Producción  
Agropecuaria

---

Dennis Ramírez, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## **Comparación de la producción de lechuga de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine en acuaponía con tilapia en Zamorano**

**Luis Gabriel Flores Ochoa  
Junior Rigoberto Madrid Rivera**

**Resumen:** La acuaponía es un sistema integrado que combina el cultivo de peces con la producción hidropónica de plantas. El objetivo fue comparar la producción de cuatro cultivares de lechuga en acuaponía con tilapia en Zamorano. El estudio se realizó en el Laboratorio de Acuacultura de la Escuela Agrícola Panamericana, usando cuatro pilas de concreto con dimensiones de  $3.0 \times 2.5 \times 1.0$  m, llenadas con  $7 \text{ m}^3$  de agua fertilizada con 95, 65, 120 y 125 ppm de N, P, K y Ca, respectivamente. Se sembró 10 kg de biomasa de machos de tilapia en una jaula colocada en cada pila. Se trasplantó lechugas de 29 días de edad de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine, dos plántulas de cada cultivar distribuidas al azar en cada una de ocho láminas de poliestireno que flotaban en el agua de cada pila. El ensayo se realizó con un diseño de bloques completamente al azar (cada pila), con cuatro tratamientos (cultivares de lechuga) y ocho réplicas de cada uno (láminas). La sobrevivencia general de los peces fue de 99.6% con una ganancia diaria de peso promedio general de 2.7 g/pez. La sobrevivencia general de las plantas fue de 96.5% y no se encontró diferencia significativa en la sobrevivencia entre los cultivares. Las lechugas del cultivar Maximus alcanzaron un mayor peso promedio completo, foliar, de raíz y comercial, una mayor altura promedio del follaje y longitud de la raíz, que los otros tres cultivares.

**Palabras clave:** Acuacultura, hidroponía, piscicultura, sistemas integrados.

**Abstract:** Aquaponics is an integrated system which combines aquaculture with hydroponic plant production. The objective of this study was to compare the production of four cultivars of lettuce in aquaponics with tilapia at Zamorano. The study was conducted at the Laboratory of Aquaculture in the Panamerican Agricultural school, using four concrete tanks with dimensions of  $3.0 \times 2.5 \times 1.0$  m, filled with  $7 \text{ m}^3$  of water fertilized with 95, 65, 120 and 125 ppm of N, P, K and Ca, respectively. Ten kg of male tilapia biomass were stocked in a cage placed in each tank. Plants 29 days old of the lettuce cultivars Maximus, Locarno, Versai and Kristine were transplanted, two seedlings of each cultivar, randomly to each of eight sheets of polystyrene floating in the water of each tank. The study was conducted using a complete randomized block design (each tank) with four treatments (cultivars of lettuce) and eight replicates of each (sheets). The overall fish survival was 99.6% with a mean daily weight gain of 2.7 g/fish. The overall plant survival was 96.5% and there were no significant differences in survival between cultivars. The Maximus lettuce cultivar attained greatest mean weight, leaf and root weight, commercial weight, leaf height and root length compared to the other three lettuce cultivars.

**Key words:** Aquaculture, fish farming, hydroponics, integrated systems.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros y figuras.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>11</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>12</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>13</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Pesos promedios, ganancia diaria de peso (GDP), índice de conversión alimenticia y sobrevivencia de los peces en jaulas en cuatro pilas en un sistema de acuaponía con lechuga en Zamorano, Honduras.....	9
2. Comparación de la producción de cuatro cultivares de lechuga en acuaponía con tilapias.....	10

Figuras	Página
1. Temperatura en la mañana, tarde y promedio diario del agua de las pilas en un sistema de acuaponía con tilapias en Zamorano.....	6
2. Concentración promedio de oxígeno disuelto en el agua de cuatro pilas usadas en un sistema de acuaponía entre lechugas y tilapia en Zamorano, Honduras. ....	7
3. Concentración de N y P total en el agua de cuatro pilas usadas para la acuaponía de lechugas con tilapia en Zamorano, Honduras. ....	7

## 1. INTRODUCCIÓN

Se espera que la demanda de alimentos continúe creciendo como resultado del incremento demográfico y el aumento de los ingresos. Usar más eficientemente los escasos recursos naturales y adaptarse al cambio climático serán los principales retos de la agricultura mundial en las próximas décadas (FAO 2009).

La combinación de los componentes de diversos sistemas de producción hace disminuir el elemento riesgo que trae consigo la agricultura. Los diferentes componentes del sistema productivo puedan actuar de manera simbiótica y sinérgica, mejorando la eficiencia productiva general y optimizando el uso de los recursos (FAO 2000).

La hidroponía es el cultivo de vegetales sin uso de suelo que se puede realizar en un medio inerte al que se le agrega una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales que la planta requiere para su crecimiento normal. El término “hidroponía” se deriva del griego hydro (agua) y pronos (labor o trabajo), y significa trabajar en el agua (Barbado 2009).

La acuicultura es el cultivo de cualquier tipo de organismo acuático, incluyendo peces, crustáceos, moluscos, algas y muchos otros organismos de agua dulce y salada. El término piscicultura se refiere al cultivo de peces solamente (Meyer 2008).

En la hidroponía los costos de los fertilizantes químicos son la principal limitante para los productores potenciales. Una alternativa es obtener la mayoría de los nutrientes que necesitan las plantas hidropónicas de sistemas acuícolas. El agua efluente de un cultivo de peces sembrados a alta densidad se convierte en una solución nutritiva para las plantas. La acuaponía es un sistema integrado que combina el cultivo de peces con la producción hidropónica de plantas. Es muy productivo y ecológico para producción de alimentos (Diver 2006).

Los desechos de los peces proveen una fuente de alimentos para las bacterias nitrificantes, y estas convierten los desechos tóxicos en nutrientes útiles para las plantas. Algunos desechos sólidos mineralizados son también utilizados de manera similar. Las algas asociadas con las bacterias nitrificantes constituyen un filtro para eliminar desechos tóxicos para los peces como el amoníaco  $\text{NH}_3$  (Diver 2006).

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) se adapta a agua salobre y es fácil de cultivar. Habitualmente no se ve afectada por enfermedades ni por cambios en calidad de agua. Puede tener un alto ritmo de crecimiento cultivada en altas densidades en comparación

con otras especies de peces. Por todas sus bondades, es una especie popular en los países tropicales y subtropicales en vías de desarrollo (Egna y Boyd 1999).

También, es la especie que ha dado mejores resultados en sistemas acuapónicos, debido a su adaptabilidad a distintas condiciones de agua (Diver 2006). En la Escuela Agrícola Panamericana se han realizado experimentos en el área acuaponía con tilapia (Arriaza Castañeda y Martínez Cabrera 2009; Castilblanco Flores e Hidalgo Rivas 2009; Jacho Yunga y Rosero Álvarez 2010; Grande Zometa y Luna Vega 2010).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una hortaliza típica de ensaladas, se considera que tiene propiedades tranquilizantes. Su alto contenido en vitaminas la hace una planta muy apreciada en la dieta moderna. Pertenece a la familia *Compositae* o *Asteraceae*, posee un sistema radicular profundo y poco ramificado. Sus hojas se disponen primeramente en roseta y después se aprietan una junto a otras, formando un cogollo consistente y apretado, más en unas variedades que en otras. Sus hojas pueden ser de forma redondeada, lanceolada o casi espatulada. La temperatura óptima de crecimiento es entre 15 y 20 °C (Maroto Borrego *et al.* 2000).

Los objetivos del estudio fueron comparar la producción de cuatro cultivares de lechuga en acuaponía con tilapia en Zamorano, en cuanto a el peso completo, del follaje, de la raíz, altura del follaje, longitud de la raíz y el porcentaje de sobrevivencia de las plantas de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine sembradas a una densidad de 11 plantas/m<sup>2</sup> por lámina de poliestireno. Así como también, determinar la concentración oxígeno, temperatura y total de N y P en el agua de las pilas durante los 27 días del ensayo y evaluar la ganancia de peso, índice de conversión alimenticia y porcentaje de sobrevivencia de las tilapias en las jaulas.



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó del 5 al 31 de julio del 2013 en el Laboratorio de Acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Valle del Río Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. El Laboratorio está ubicado a 32 km al este de Tegucigalpa a una altura de 800 msnm. La EAP cuenta con una temperatura promedio anual que oscila entre 24 y 25 °C y con una precipitación total de aproximadamente 1100 mm anuales.

Se prepararon un total de ocho bandejas con 99 plántulas cada una, dos bandejas para cada una de los cuatro cultivares de lechuga (Maximus, Locarno, Versai y Kristine). Las semillas provenían de la compañía Rijk Swaan<sup>®</sup> de Holanda. Se utilizó sustrato esterilizado para producir las plántulas en de las instalaciones del Módulo de Ornamentales de la EAP.

A continuación se describe cada uno de los cultivares de lechuga:

- Maximus: tipo “romana,” su follaje de color verde oscuro, ideal para climas cálidos, lenta para cerrar el cogollo.
- Locarno: tipo “lollo,” la orilla de sus hojas es rizada de color verde con ramificaciones finas y cortas, de tallo diminuto, cogollo abierto, adecuada para sembrarla en campo o en invernadero.
- Versai: tipo “hoja de roble,” con sus hojas de color rojizo, se desarrolla bien en bajas temperaturas, el cogollo es abierto y uniforme.
- Kristine: tipo “hoja de roble,” su follaje de color verde voluminoso y compacto, lento florecimiento.

En el momento del trasplante se seleccionó plántulas uniformes en tamaño y color, que no presentaron daños en su follaje. El trasplante se realizó a los 29 días después de la germinación de la semilla.

Se colocó una jaula cilíndrica de 1.0 m de diámetro y 1.2 m de altura en cada una de cuatro pilas de concreto de 3.0 × 2.5 × 1.0 m. Se sembró cada jaula con una biomasa de aproximadamente 10 kg de machos adultos de la tilapia del Nilo. Cada jaula tenía adentro una difusora de sílice conectada a un soplador de aire (2.5 HP) para suministrar aire a los peces de forma continua.

Los peces de cada jaula recibieron alimento para tilapia de ALCON, S.A.<sup>®</sup> conteniendo 28% de proteína cruda y fabricado en la forma física de perdigones flotantes de 5 mm de diámetro. Se ofreció un total de 200 g/día de alimento a los peces de cada jaula, cantidad distribuida en dos porciones, mañana y tarde.

Los peces de cada jaula fueron pesados y contados al inicio y al final del ensayo en grupos de 10 colocados en una canasta con una balanza tipo reloj marca Royal<sup>®</sup> con capacidad de 20 kg.

Se llenó cada pila con 7 m<sup>3</sup> de agua bombeada del lago de Monte Redondo. El agua de cada pila recibió aireación continua por medio de nueve difusoras de sílice (4 cm de largo) conectadas a un soplador (2.5 HP) por tubos de PVC. Se colocó una difusora por debajo de cada lámina de poliestireno.

El primer día del ensayo se agregó al agua de cada pila 1464 g de fosfato mono-amónico, 5000 g de nitrato de calcio y 1698 g de cloruro de potasio. Los días 1, 8 y 16 del ensayo se hicieron una aplicación foliar a las plantas de cada pila de 3 mL de sulfato de hierro diluido en 250 mL de agua. Estas dosis fueron calculadas según las recomendaciones de la Universidad de Florida para suplir suficiente N, P, K, Ca y Fe para la producción hidropónica de tomate (Hochmuth y Hochmuth 2001).

En el día 12 del ensayo se observó seña de una deficiencia nutricional en algunas de las lechugas y se aplicó foliar en todas las plantas 7 g/pila de Vitel<sup>®</sup> disuelto en 1 L de agua. El producto comercial Vitel<sup>®</sup> contiene Mn, Zn, B, S, Fe, Cu, y Mo.

Se prepararon 32 láminas de poliestireno expandido de 1.2 m de largo, 0.6 m de ancho y 5 cm de espesor, se colocó ocho laminas por pila. Se hicieron ocho perforaciones en cada lámina de aproximadamente 2.5 cm de diámetro para insertar las canastas de plástico usadas para sostener las plántulas. Se trasplantó dos plántulas de cada cultivar por lámina, distribuidas al azar.

Se tomó la lectura de la concentración de oxígeno en solución y temperatura del agua de cada pila dos veces por día (7:00 a.m. y 3:00 p.m.) durante todo el ensayo. Se analizó el pH, concentración total de nitrógeno (N) y fósforo (P) de muestras de agua tomadas de cada pila los días 1, 15 y 27 del ensayo.

El total de P en el agua fue analizado por el proceso de digestión húmeda y determinación por espectrofotometría de colorimetría. El total de N en solución fue evaluada por el método de Kjeldahl. Ambos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Suelos de la EAP.

Se cosecharon todas las lechugas entre el día 21 y 27 del ensayo. Se midió la altura de su follaje y la longitud de su raíz, al momento de la cosecha con una regla calibrada en milímetros.

Se pesó cada lechuga entera con una balanza electrónica marca Premier<sup>®</sup> con capacidad de 30 kg y calibrada en gramos. Luego se pesó el follaje y la raíz de cada planta separadamente.

Se le quitó el follaje dañado de cada planta cosechada para determinar su peso comercial. Se contaron las plantas muertas en cada lámina para determinar el porcentaje de sobrevivencia de cada cultivar.

El ensayo se realizó con un diseño de bloques completamente al azar (cada pila), con cuatro tratamientos (cultivares de lechuga) y ocho réplicas de cada uno (láminas).

La producción de las lechugas se analizó con un ANDEVA (PROC GLM) y separación de medias por el procedimiento Duncan para el peso completo, peso foliar, peso de la raíz, peso comercial, altura del follaje y longitud de la raíz de las lechugas.

La sobrevivencia se analizó con la prueba Chi cuadrado ( $X^2$ ). El nivel de significancia utilizado fue de  $P \leq 0.05$ . Los datos fueron analizados empleando el programa Statistical Analysis System (SAS 9.3<sup>®</sup>).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Monitoreo de la calidad del agua.** La temperatura del agua de las cuatro pilas durante todo el ensayo se mantuvo en un rango entre 25.7 y 27.7 °C y con un promedio de  $26.8 \pm 0.54$  °C (figura 1). La temperatura del agua siempre estuvo dentro del rango óptimo para el cultivo de tilapia (25 a 30 °C). A una temperatura menor el metabolismo del pez se vuelve lento (Bocek s.f).

Las ocho láminas cubrían aproximadamente el 80% de la superficie del agua de cada pila. El poliestireno es un material sintético conocido por sus propiedades termo aislantes. Así, la fluctuación en la temperatura del agua fue bastante reducida.

Las lecturas de oxígeno disuelto en el agua de las cuatro pilas oscilaron entre 3.30 y 6.49 ppm, con un promedio de  $4.61 \pm 0.58$  ppm (Figura 2). La concentración de oxígeno disuelto en el agua es una de las principales características para definir la calidad del agua para la piscicultura y la producción de vegetales hidropónicos (Egna y Boyd 1999). Para un buen desarrollo de lechuga en hidroponía se recomienda tener de 2.0 a 2.5 ppm de oxígeno disuelto en el agua (Sádaba *et al.* 2008).

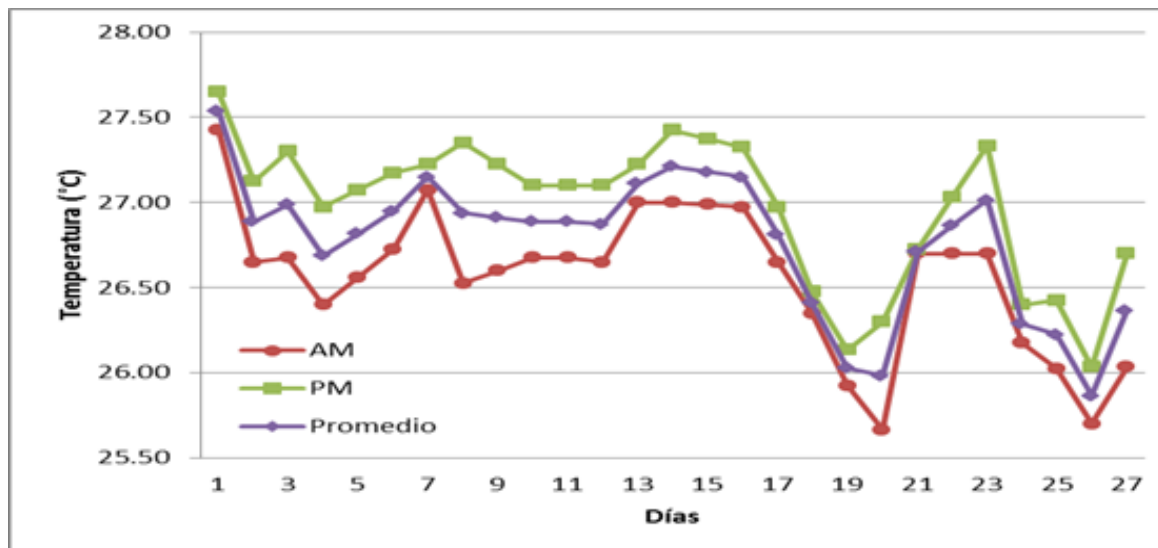


Figura 1. Temperatura en la mañana, tarde y promedio diario del agua de las pilas en un sistema de acuaponía con tilapias en Zamorano.

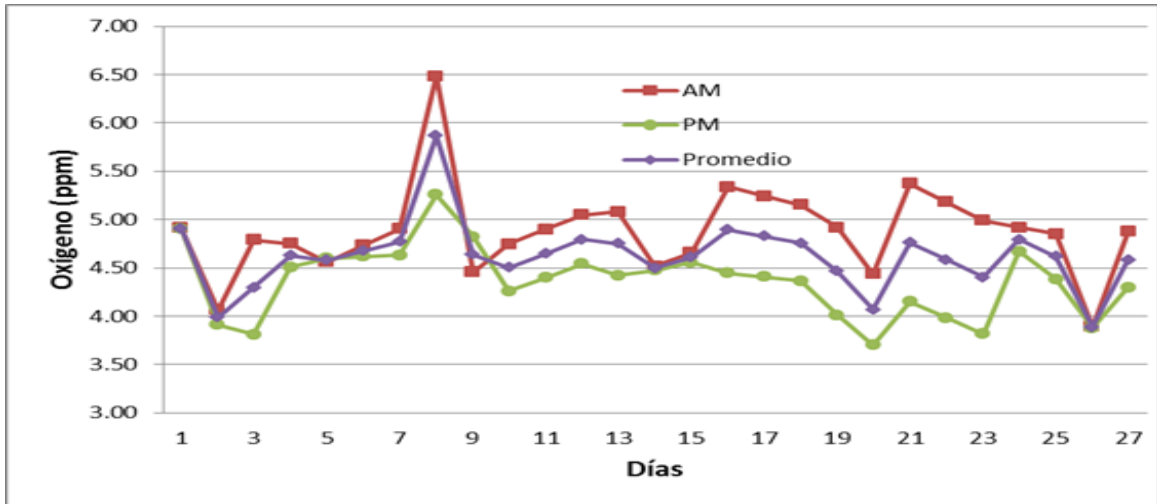


Figura 2. Concentración promedio de oxígeno disuelto en el agua de cuatro pilas usadas en un sistema de acuaponía entre lechugas y tilapia en Zamorano, Honduras.

El pH del agua se mantuvo en el rango de 6 a 7 unidades. El mejor crecimiento de las plantas se da cuando el pH del agua o suelo se encuentra entre 6.0 y 6.5 (Jones 2000). Un pH cercano a 7 es el ideal para un sistema acuapónico. Con valores de  $\geq 8$  de pH algunos nutrientes pueden precipitarse, reduciendo su posible absorción por las plantas (Diver 2006).

Con la aplicación de los fertilizantes se logró establecer  $95.0 \pm 3.3$  ppm de N y  $65.0 \pm 4.4$  ppm de P inicialmente en el agua de las pilas. Las concentraciones de estos dos elementos fueron bajando durante los 27 días del ensayo (Figura 3). Estas concentraciones concuerdan con las recomendaciones para cultivo de vegetales hidropónicos en EE.UU (Jones 2000; Hochmuth y Hochmuth 2001).

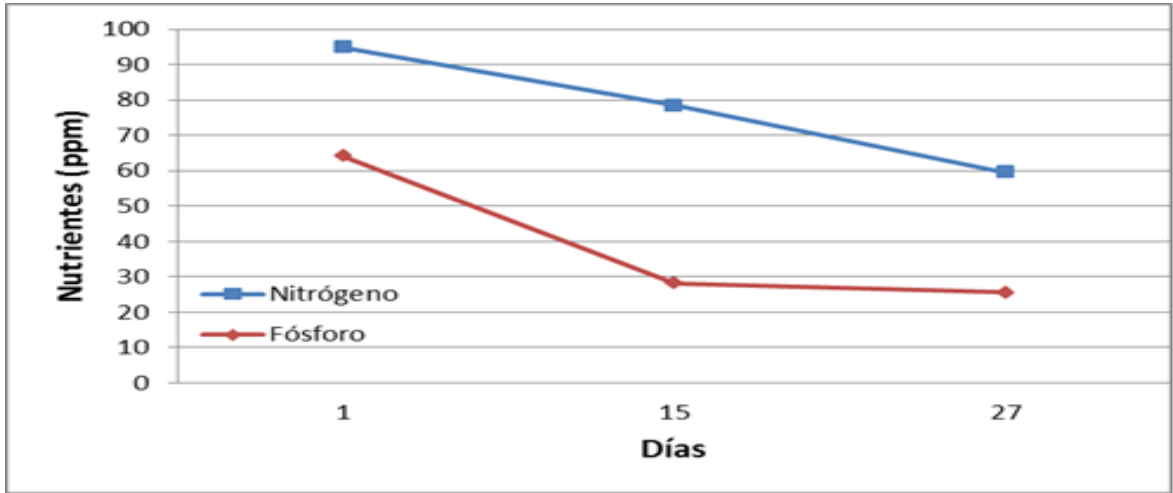


Figura 3. Concentración de N y P total en el agua de cuatro pilas usadas para la acuaponía de lechugas con tilapia en Zamorano, Honduras.

La lechuga es una de las especies que mejor se adapta a un sistema acuapónico. Tiene un corto ciclo de producción y requerimientos nutricionales bajos (Diver 2006). Sin embargo, no todos los nutrientes esenciales para las plantas están presentes en las cantidades necesarias en el sistema integrado con el cultivo de tilapia. Es necesario suplementar potasio (K), calcio (Ca) y hierro (Fe) (Rakocy *et al.* 1992). Los fertilizantes utilizados en el actual ensayo proveían K y Ca, y semanalmente se hizo una aplicación foliar de hierro.

El alimento para tilapia, el principal insumo usado en su cultivo, contribuye con N y P al agua. Se estimó que cada kilogramo de alimento contenía aproximadamente 45 g de N basado en su contenido de proteína cruda.

La tilapia solo aprovecha un 30% del total de N en su dieta (Egna y Boyd 1999). La diferencia termina en el agua y es disponible para las plantas en sistemas de acuaponía. La situación para P en dietas para peces es similar (Rakocy *et al.* 1992).

Con los 200 g de alimento suministrados diariamente a los peces de cada jaula, se estimó que esto contribuía 24 ppm de N disuelto en el agua en los 27 días del ensayo.

El total de N suministrado al agua de cada pila en todo el ensayo fue estimado en 847 g. Este total proviene del agua bombeada del lago de monte redondo para llenar la pila, el alimento concentrado y los fertilizantes químicos.

Basado en el análisis de la muestra de agua en el laboratorio de suelos y aguas, se estimó que cada pila terminó el ensayo con aproximadamente 420 g de N en solución en el agua.

Unos 140 g fueron absorbidos por las plantas de lechuga durante su desarrollo. Los 280 g de diferencia, probablemente fueron perdidos por las aguas lluvias y por procesos de volatilización de NH<sub>3</sub> (Meyer 2008). Estos cálculos se basaron en que la lechuga fresca contiene aproximadamente 8.9% de proteína (Mallar 1978).

**Los peces.** La sobrevivencia general de los peces durante los 27 días del ensayo fue de 99.6% (Cuadro 1). En estudios similares con peces en jaulas con acuaponía de plantas, la sobrevivencia de los peces fue mayor de 90% en Zamorano (Grande Zometa y Luna Vega 2010; Arriaza Castañeda y Martínez Cabrera 2009).

La sobrevivencia de los peces cultivados en jaulas depende de muchos factores. Los peces no deben de sufrir estrés durante la manipulación, transporte o la siembra, para que continúen sanos y fuertes (Bocek s.f).

La ganancia diaria de peso promedio general fue de  $2.7 \pm 0.13$  g/pez. Éste ritmo de ganar peso supera los resultados obtenidos por Grande Zometa y Luna Vega (2010) de 1.15 g/día, y de 1.24 g/día/pez logrado por Arriaza Castañeda y Martínez Cabrera (2009). Ambos estudios fueron con peces en acuaponía con lechugas en Zamorano.

Cuadro 1. Pesos promedios, ganancia diaria de peso (GDP), índice de conversión alimenticia y sobrevivencia de los peces en jaulas en cuatro pilas en un sistema de acuaponía con lechuga en Zamorano, Honduras.

Pila	No. Peces Final	Peso promedio (g)		GDP (g)	ICA	Sobrevivencia (%)
		Inicial	Final			
1	67	147	222	2.7	2.8	98.5
2	77	130	204	2.7	2.7	100.0
3	70	143	218	2.8	2.7	100.0
4	80	125	193	2.5	2.9	100.0

El índice de conversión alimenticia (ICA) general fue estimado en 2.8 para todos los peces del ensayo (Cuadro 1). Un valor de ICA mayor de 2 demuestra poca eficiencia de los peces para convertir el alimento en biomasa (Meyer 2008). Hay múltiples factores que influyen en el ICA para un cultivo de tilapia. Entre estos están: la falta de alimento natural, la temperatura del agua y la densidad de siembra de los peces en la jaula (Meyer 2008).

Sorprendentemente ningún pez se escapó de su jaula durante todo el ensayo. La tilapia puede consumir las raíces de plantas en acuaponía provocando daño y su muerte.

**Las lechugas.** Se trasplantó un total de 256 plántulas a las láminas colocadas en las cuatro pilas para iniciar el ensayo. Al final del ensayo se cosechó 247 lechugas, resultando en una sobrevivencia general de 96.5%. No hubo diferencia significativa en la sobrevivencia de las plantas entre los cultivares (Cuadro 2).

Las lechugas del cultivar Maximus alcanzaron un mayor peso promedio completo, foliar, de raíz y peso comercial ( $P \leq 0.05$ ) comparado con los otros tres cultivares. Las plantas Maximus tenían una mayor altura promedio de follaje y longitud de la raíz que las plantas de los otros cultivares ( $P \leq 0.05$ ).

Los cultivares Locarno, Versai y Kristine no presentaron diferencia estadísticamente significativa para peso completo, peso foliar, peso raíz y peso comercial. El cultivar Kristine tuvo la menor altura promedio de follaje y menor longitud de raíz, comparada con las plantas de los demás cultivares ( $P \leq 0.05$ ).

El peso promedio de la raíz y peso comercial de las lechugas Maximus fue mayor que los 42 y 172 g para lechugas del mismo cultivar en un sistema acuapónico similar con remoción de partículas en suspensión en el agua (Jacho Yunga y Rosero Álvarez 2010).

La sobrevivencia general fue muy parecida al 93% reportado por Jacho Yunga y Rosero Álvarez (2010), sin embargo, la altura del follaje fue la misma.

Cuadro 2. Comparación de la producción de cuatro cultivares de lechuga en acuaponía con tilapias.

Cultivar	Peso completo (g)	Peso foliar (g)	Altura follaje (cm)	Peso raíz (g)	Longitud raíz (cm)	Peso comercial (g)	Sobrevivencia (%)
Maximus	303 a <sup>‡</sup>	254 a	20 a	50 a	30 a	209 a	95.4
Locarno	150 b	124 b	17 b	25 b	27 b	111 b	97.0
Versai	140 b	120 b	17 b	19 b	25 b	102 b	100.0
Kristine	134 b	114 b	13 c	19 b	20 c	86 b	93.6
P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.2458

<sup>‡</sup> Los promedio con letras diferentes en la misma columna tienen diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ).

El cultivar Maximus tuvo un peso comercial superior que los 167, 72 y 52 g obtenidos por Garzón López (2006) para los cultivares Parris, Vulcan y Verónica, respectivamente, bajo un sistema NFT (“Nutrient Film Technique”). También, las lechugas Locarno, Versai y Kristine fueron superiores a las Vulcan y Verónica.

Todos los cultivares del ensayo tuvieron un mayor peso comercial que los 77 g reportados por Ferrufino Norori (2005) para el cultivar Verónica en hidroponía con raíz flotante. También, fueron superiores a los 40 g obtenidos por (Cárdenas Castillo 2004) para las cultivares Vulcan y Verónica en hidroponía en un sistema NFT.



#### **4. CONCLUSIONES**

- La sobrevivencia general de las lechugas en acuaponía con tilapia fue 96.5% y no hubo diferencia significativa en la sobrevivencia de las lechugas entre los cultivares.
- El cultivar Maximus fue superior en peso final promedio completo, foliar, comercial, y en longitud de follaje y raíz, en comparación con las plantas de los otros cultivares.
- Las concentraciones de N y P en el agua de las pilas disminuyeron a lo largo de los 27 días del ensayo.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Es factible cultivar lechugas en acuaponía con tilapias debido a que se adaptan adecuadamente al sistema.
- En futuros ensayos de acuaponía en Zamorano, utilizar lechugas del cultivar Maximus en combinación con tilapia.
- Probar estrategias para evitar la entrada o salida de agua en las pilas que provocan la dilución o el escape de los nutrientes.
- La acuaponía es una actividad interesante y se debe investigar los costos de producción para evaluar económicamente su rentabilidad.

## 6. LITERATURA CITADA

Arriaza Castañeda, A. y J.L. Martínez Cabrera. 2009. Producción hidropónica de lechuga integrada con el cultivo de tilapia con tres niveles de potasio y hierro. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 11 p.

Barbado, J.L. 2009. Hidroponía su empresa de cultivos en agua. Publicadora Albatros, Buenos Aires, Argentina. 190 p.

Bocek, A. s.f. Introducción al cultivo de la tilapia. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Swingle Hall, Auburn University, Alabama, Estados Unidos de América. 11p.

Cárdenas Castillo, C.M. 2004. Determinación de los efectos en la producción de lechuga hidropónica y convencional en condiciones de El Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 17 p.

Castilblanco Flores, E. y J.A. Hidalgo Rivas. 2009. Efecto de dos tratamientos de agua en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo dos sistemas hidropónicos en piscicultura. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 12 p.

Diver, S. 2006. Aquaponics - integration of hydroponics with aquaculture. National Center for Appropriate Technology (NCAT), Washington, D.C., Estados Unidos de América. 12 p.

Egna, H., C. Boyd. 1999. Dynamics of Pond Aquaculture. CRC Press, New York City, New York, Estados Unidos de América. 411 p.

FAO. 2009. 2050: Un tercio más de bocas que alimentar (en línea). Consultado 7 de mayo de 2013. Disponible en <http://www.fao.org/news/story/es/item/35675/icode/>

FAO. 2000. Los pequeños estanques grandes integradores de la producción agropecuaria y la cría de peces (en línea). Consultado 10 de mayo de 2013. Disponible en [http://www.fao.org/docrep/003/x7156s/x7156s03.htm#P150\\_39266](http://www.fao.org/docrep/003/x7156s/x7156s03.htm#P150_39266)

Ferrufino Norori, E.J. 2005. Determinación de la solución nutritiva para el crecimiento y la producción de lechuga var. Verónica en hidroponía. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 12 p.

Garzón López, S.S. 2006. Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 16 p.

Grande Zometa, E.O. y P.R. Luna Vega. 2010. Comparación de la producción de lechuga a 6, 12 y 18 plantas/m<sup>2</sup> con 40 y 70 ppm de nitrógeno total en acuaponía con tilapia. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 11 p.

Hochmuth J. and R. Hochmuth. 2001. Nutrient solution formulation for hydroponic (perlite, rockwool, NFT) tomatoes in Florida. University of Florida, Gainesville, Florida, Estados Unidos de América. 13 p.

Jacho Yunga, J.B. y S.J Rosero Álvarez. 2010. Comparación del uso de un filtro de bolas y un tanque sedimentador para la producción de lechuga en un sistema acuapónico. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 10 p.

Jones, J.B. 2000. Hydroponics: a practical guide for the soilless grower. St. Lucie Press, Boca Ratón, Florida, Estados Unidos de América. 230 p.

Mallar, A. 1978. La lechuga. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 61 p.

Maroto Borrego, J.V., A.M. Gómez y C.B Soria. 2000. La Lechuga y la Escarola. Ediciones Mundi-Prensa, Caja Rural, Valencia, España. 219 p.

Meyer, D.E. 2008. Introducción a la Acuicultura. Zamorano Academic Press. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 159 p.

Rakocy, J. E., T. Losordo y M. Masser. 1992. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publicación N° 454. Southern Regional Aquaculture Center, Mississippi State University, Starkville, Mississippi, Estados Unidos de América. 6 p.

Sádaba, S., J. Del Castillo, M. Astiz, J. Galdeano, A. Uribarri y G. Aguado. 2008. Cultivo hidropónico de lechuga. Navarra Agraria. Madrid, España. 31 p.

SAS. 2011. SAS User's Guide. Statistics. Version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, Estados Unidos de América.